

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ СУБТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСОВ КОЛХИДСКОГО ТИПА

А.Е.Андреева, В.В.Снакин, А.Н.Тюрюканов

Институт почвоведения и фотосинтеза АН СССР, Пушкино;
Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны природы
и заповедного дела Госкомприроды СССР, Москва

На современном этапе развития науки на первый план биогеоценологических исследований выходит изучение временной изменчивости динамики различных параметрических характеристик биогеоценозов (БГЦ), которое позволяет вскрывать процессы становления и функционирования биогеоценоза как системы /4, 11/.

В нашей работе в качестве таких параметрических характеристик выбраны физико-химические характеристики водной (жидкой) фазы почв: активность ионов H^+ , K^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , NH_4^+ , измерение которых проводилось непосредственно в почве (in situ) методом ионометрии, окислительно-восстановительный потенциал, а также температура и влажность почвы.

Почва - это особый компонент БГЦ, который несет на себе отпечаток всей истории ландшафта, истории формирования конкретного биогеоценоза, и в то же время отражает его современную жизнь.

Водная фаза почв - наиболее химически активная часть почвы, участвующая в биогенном круговороте, динамичная по своим свойствам и составу, чутко реагирующая на любые изменения в пространственно-временной организации биогеоценоза, отражающая временные (годовые, сезонные, суточные) закономерности его жизни.

В работе представлены результаты исследования сезонных закономерностей состава и свойств водной фазы почв, проводившихся на территории заповедной Тисо-самшитовой рощи Кавказского заповедника в 1987-1988 гг.

Объекты исследования

Тисо-самшитовая роща расположена на склонах горы Б.Ахун с высотными отметками 30-400 м над уровнем моря. Здесь представлены различные типы леса, в том числе и реликтовые тисовые и самшитовые леса /Семагина, в наст. сб./.

Климат Сочинского побережья Кавказа носит черты средиземноморского, с хорошо выраженным периодом зимних дождей и более

засушливым летним периодом. Годовое количество осадков - 1240-1660 мм, наибольшее их количество выпадает с ноября по март с максимумом в декабре, наименьшее - в мае. Средняя температура зимой 6,4°C, весной 12,8°C, летом 21,8°C. Среднегодовая влажность воздуха 91-96%.

В геологическом отношении Ахунский массив является участком Ахун-Ахштырской местности низкогорного неполного карста в верхнемеловых известняках. Тисо-самшитовая роща представлена серией лабиринтовых балок карстового генезиса, горизонтальными пещерами и небольшими колодцами. Здесь происходит как поглощение, так и разгрузка карстовых вод гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией 200-280 мг/л; бассейн разгрузки - р. Хоста /1/.

Для проведения исследований были выбраны четыре пробных площадки по основным типам леса: пл. 1 - смешанношироколиственный самшитник на склоне; пл. 2 - "пятно" самшитника в дубняке; пл. 3 - грабодубняк эпимедиевый; пл. 4 - тисняк лавровишневый.

Площадка 1 - смешанношироколиственный самшитник (высота - 200 м над ур. м). Расположена площадка на склоне юго-западной экспозиции, крутизна склона 10-15°.

Почвы здесь темноцветные маломощные (глубина почвенного профиля 20-30 см), мелкопылеватые-иловатые легкоглинистые, выщелоченные (вскипание от HCl на контакте с породой), высокогумусные (10-11% в горизонте A₁), хорошо оструктуренные. Почвенный профиль дифференцирован. Подстилающая порода - светло-серый известняк.

Приведем описание типичного почвенного разреза.

гор. A₀ 0-1 - лесная подстилка из опада листьев и сучьев с преобладанием самшита, переход ясный.

гор. A'₁ 1-3 - гумусовый горизонт темно-коричневого цвета, тяжелосуглинистый (физ. гл. - 52,7%), рыхлый, рассыпчатый, зернистый, густо переплетен корешками самшита, многие из которых тянутся вверх, хорошо увлажнен, переход постепенный.

гор. A''₁ 3-7 - несколько светлее, коричневого цвета, легкоглинистый (физ. гл. - 68,0%), рыхлый, хорошо оструктуренный, зернистый, насыщен корешками самшита, хорошо увлажнен, переход постепенный.

гор. B 7-20 - светло-коричневый с буроватым оттенком, комковатый, легкоглинистый (физ. гл. - 72,6%), влажный, переход резкий.

гор. D 20 - камни светло-серого известняка.

Древостой представлен двумя ярусами. В первом ярусе преобладает *Fraxinus excelsior*, реже встречаются *Tilia caucasica*, *Quercus iberica*. Сомкнутость крон - 0,3. Средняя

высота деревьев - 16 м, средний диаметр 24 см. Во втором ярусе доминирует *Vuxus colchica* самшит колхидский с незначительной примесью *Carpinus orientalis*. Сомкнутость крон 0,9. Средняя высота самшита - 7,0 м, средний диаметр - 5,2 см. Средний возраст самшитника 80-100 лет. Запас древесины самшита на 1 га - 30-50 м³. Стволы самшита покрыты бородами мха (*Neckera crispa*). Подрост самшита редкий. Среди полукустарников чаще встречается *Ruscus ponticus*. Травянистый покров очень беден, видовой состав его - 7 видов. Лиан мало.

Под пологом этого довольно тенистого леса всегда большая относительная влажность воздуха: в вечерние и утренние часы до 100%, в сухие жаркие дни - 80-75%.

Площадка 2 - "пятно" самшитника в дубняке. Такие "пятна"-куртинки самшитника в данном типе леса встречаются довольно часто. Высота деревьев на выбранной площадке 3-5 м, диаметр ствола - 5-7 см. Расположена она выше основного массива самшитника ~ на 100 м на юго-восточном склоне г. Б.Ахун. Травянистый покров также, как и в основном массиве самшитника отсутствует, что резко контрастирует с окружающей его смешанно-широколиственной ассоциацией с богатой травянистой растительностью.

Почвы здесь по внешнему виду, структуре, сложению сходны с почвами основного массива самшитника, однако менее мощные (глубина 10-20 см).

Площадка 3 - заложена в грабо-дубняке эпимедиевом, на склоне юго-восточной экспозиции с углом наклона 10-15° на высоте 350 м над ур.м. Эта площадка выделяется лучшей освещенностью, меньшей относительной влажностью воздуха, хорошей аэрацией, богатством флористического состава.

В растительном покрове хорошо выражена ярусность. Первый ярус образуют *Quercus iberica*, *Carpinus caucasica*, *Fraxinus excelsior*, *Acer laetum*, *Tilia caucasica*.

- Кустарничковый ярус разрежен, представлен следующими видами: *Cornus mas*, *Staphylea colchica*, *Crataegus microphylla*, *Lonicera caprifolium*, *Evonymus leiophloeus*, *Laurocerasus officinalis*, *Rubus discolor*.

- Кустарнички *Ruscus ponticus*, *Ruscus hypophyllum*. Среди лиан преобладает *Smilax excelsa*. Там, где отсутствуют заросли кустарника, травянистый ярус довольно сомкнутый, проективное покрытие может составлять 90-95%. В травостое отмечено 27 видов. Доминируют *Epimedium colchicum*, *Festuca montana*. Часто встречаются вывалы деревьев, где обнажаются камни светло-серого известняка.

Почвенный покров на площадке очень неоднороден: от бурой лесной почвы до перегнойно-карбонатной на камнях известняка на месте вывалов. Почвы также маломощные. Максимальная глубина почвенного покрова 30 см. Бурые лесные почвы выщелоченные (вски-

пание от НС1 только на контакте с породой), мелкопесчано-крупнопылеватые среднесуглинистые с поверхности. С глубиной процент физической глины увеличивается, и нижние горизонты классифицируются по механическому составу как мелкопылеватосиловатые, среднесуглинистые. Содержание гумуса в гор. А₁ - 4-6%. Профиль почвы дифференцирован. Иногда на глубине 10-30 см встречается белый мицелий. По профилю встречаются единичные мелкие железистые конкреции до 3 мм в диаметре. Основная масса мелких корней расположена до глубины 20 см.

Приведем описание почвенных разрезов бурой лесной почвы как наиболее типичной для данной площадки и перегнойно-карбонатной на камне известняка на месте вывала.

Р а з р е з 6

гор. А₀ 0-3 см - сплошная лесная подстилка из веток, листьев дуба и сопутствующих пород. Переход ясный.

гор. А₁ 3-6 см - темно-коричневый, неоднородный по окраске, зернисто-порошистый, среднесуглинистый (физ. глина - 35,4%), среднегумусный 2-6%, свежий, встречаются единичные мелкие железистые конкреции диаметром 3 мм, корешки (10-15%). Переход ясный.

гор. АВ 6-20 см - буровато-коричневатый, комковатый, легкоглинистый (физ. гл. - 66,5%), содержание гумуса 2-3%. Переход постепенный.

гор. В 20-30 см - оливковый, среднесуглинистый (физ. гл. - 82,7%), комковато-крупноореховатый, свежий, имеет включения плесень. Переход резкий.

гор. Д 30 см и глубже - камни светло-серого известняка, вскипают с поверхности.

Р а з р е з 7 (на большой плите известняка, возможно, на месте вывала)

гор. А₀ 0-1 см - лесная подстилка в основном из веток и листьев дуба, переход постепенный;

гор. А₁ 1-5 см - черный, суглинистый, полуперегнивший, богатый органическими остатками, рыхлый, свежий, масса мельчайших корней, переход резкий;

гор. Д 5 см и глубже - порода (плита известняка).

Площадка 4 - Тисняк лавровишневый. Площадка расположена на довольно крутом восточном склоне (угол наклона 25-30°) г.Ахун на высоте порядка 150 м над ур.м. Здесь также как и в самшитовом лесу всегда большая относительная влажность воздуха и большая затененность. Тис ягодный - *Taxus baccata* - в верхнем

ярус занимает господствующее положение. Высота тиса 20–25 м, диаметр ствола около 90 см. Возраст таких деревьев оценивается примерно в 700–800 лет. Встречаются экземпляры тиса с отмирающей кроной, суховершинные и многовершинные. Много встречается дуплистых деревьев.

Густой подлесок образует лавровишня *Laurocerasus officinalis*. Стволы ее изогнуты дугой или стелются по земле. Многочисленны лианы. Они не только плотно обвивают стволы деревьев (тиса), но и стелются по поверхности почвы, довольно плотно покрывая ее и защищая таким образом от эрозии. Среди лиан преобладают *Clematis vitalba*, *Hedera colchica*, *Smilax excelsa*. В травянисто-кустарничковом ярусе доминируют *Nordmannia orientalis*, *Ruscus hypophyllum*.

Почвенный покров здесь более однородный и несмотря на большую крутизну склона более мощный. Глубина почвенного профиля 50–70 см.

С поверхности почвы темно-коричневого, почти черного цвета, плохо оструктуренные, глинистые во влажном состоянии; здесь отмечается всегда высокая влажность почв, почвы очень пластичные. При высушивании образцы этих почв очень трудно растираются. Содержание гумуса в верхнем гумусовом горизонте 9–10%, в нижних горизонтах – 3–4%. Почвы выщелоченные, вскипание от HCl наблюдается только на контакте с породой. Подстилающая порода такая же, как и на других площадках – светло-серый известняк.

Приведем описание почвенного разреза под пологом этого древнего леса.

Разрез 12 (под кроной тиса, 1,5 м от ствола ниже по склону)

- гор. А₀ 0–2 см – опад, сверху рыхлый, из широколиственных пород и плюща, ниже из тиса, мелких веток тиса, переход ясный.
- гор. А₁ 2–3 см – темно-коричневый, почти черный (физ. гл. 51,6%), тяжелосуглинистый, порошистый; мелкозернистый, свежий, рыхловатый, встречаются тонкие корешки, переход постепенный;
- гор. А₁ 3–10 см – коричневый легкоглинистый (физ. гл. 69,8%); порошистый мелкокомковатый, свежий, слабо уплотненный, корни до 5 см в диаметре, переход постепенный;
- гор. АВ 10–18 см – темно-оливковый с коричневым оттенком, среднеглинистый (физ. гл. – 76,3%), зернисто-мелкокомковатый свежий, переход языковатый;
- гор. В 18–50 см – темно-оливковый, вязокомковатый, тяжелоглинистый, свежий, встречаются единичные камни известняка;
- гор. Д 50 см и глубже – камни известняка.

Сравнительная характеристика временной изменчивости
(горизонт A_1 , глубина 5-7 см). Обозначения площадок: пл. 1 -
самшитника в дубяке; пл. 3 - грабодубняк эпимединый;

Параметры	Номер площад-ки	Дата				
		12.05.87 г.	12.07.87 г.	24.09.87 г.	24.03.88 г.	
	1	2	3	4	5	6
$t^{\circ}\text{C}$		12	18,5	14	7	
Влаж-ность, %	1	54,85	53,93	36,47	76,9 \pm 9,5*	
	2	40,3	49,8	36,4	67,6 \pm 8,2	
	3	74,3	32,4	34,1	55,9 \pm 9,4	
	4	64,6	79,4	77,0	105,2 \pm 5,1	
E_h , мВ	1	628 \pm 161	620 \pm 52	581 \pm 90	404 \pm 134	
	2	585 \pm 138	652 \pm 86	538 \pm 109	531 \pm 169	
	3	597 \pm 125	662 \pm 75	617 \pm 93	608 \pm 48	
	4	572 \pm 114	343 \pm 126	558 \pm 118	473 \pm 77	
pH	1	6,04 \pm 0,94	5,85 \pm 1,01	4,91 \pm 0,80	6,05 \pm 0,66	
	2	5,90 \pm 0,38	6,30 \pm 0,67	5,43 \pm 0,38	6,56 \pm 0,10	
	3	5,51 \pm 1,01	5,34 \pm 1,12	5,30 \pm 0,64	6,05 \pm 0,59	
	4	6,14 \pm 0,37	5,72 \pm 1,24	5,41 \pm 0,77	6,29 \pm 0,29	
pCa	1	2,34 \pm 0,19	1,57 \pm 0,21	1,54 \pm 0,50	2,34 \pm 0,51	
	2	2,49 \pm 0,10	1,49 \pm 0,54	1,58 \pm 0,41	2,68 \pm 0,32	
	3	2,92 \pm 0,53	1,58 \pm 0,26	1,68 \pm 0,46	2,71 \pm 0,35	
	4	2,47 \pm 0,22	1,71 \pm 0,27	1,85 \pm 0,36	2,48 \pm 0,43	
pK	1	3,84 \pm 0,26	3,54 \pm 0,32	4,03 \pm 0,29	3,78 \pm 0,22	
	2	3,93 \pm 0,30	3,73 \pm 0,34	3,95 \pm 0,44	3,98 \pm 0,41	
	3	4,02 \pm 0,40	3,37 \pm 0,43	3,59 \pm 0,35	3,99 \pm 0,18	
	4	4,51 \pm 0,63	4,40 \pm 0,30	4,84 \pm 0,25	4,45 \pm 0,42	
pNO ₃	1	5,02	3,98	3,91	5,12 \pm 0,20	
	2	5,68	4,25	3,98	4,91 \pm 0,27	
	3	4,13	4,28	4,17	4,94 \pm 0,23	
	4	4,64	5,14	4,82	4,91 \pm 0,63	
pNH ₄	1	-	-	4,56	4,49 \pm 0,12	
	2	-	-	4,59	4,78 \pm 0,23	
	3	-	-	4,49	4,16 \pm 0,79	
	4	-	-	5,45	4,79 \pm 0,04	

*Здесь и далее указаны значения среднеквадратичного отклонения

**Статистическая характеристика временной изменчивости C_v

Таблица 1

физико-химических параметров почв Тисо-самшитовой рощи
 смешанношироколиственный самшитник на склоне; пл. 2 - "пято"
 пл. 4 - тысяч лавровишневый

измерений				Стат. хар-ка временной из- менчивости	
17.05.88 г.	30.06.88 г.	8.07.88 г.	8.10.88 г.	X	C _V %
7	8	9	10	11	12
12	17,5	19,5	16		
68,8±2,5	65,4±8,2	61,9±17,0	39,6±1,4	62,5	22,3**
53,8±6,1	54,0±11,5	57,0±3,7	33,6±0,9	53,2	23,2
46,1±8,9	40,9±3,6	36,8±6,3	25,5±2,2	41,1	27,4
98,6±4,74	104,6±35,3	80,9±14,2	86,1±17,0	95,1	11,6
509±175	554±160	674±54	663±50	561	20,0
568±165	525±71	375±164	649±63	530	18,8
596±82	627±154	604±72	631±64	613	2,5
434±95	422±163	328±155	625±104	456	23,7
6,00±0,42	6,25±0,62	6,88±0,44	6,42±0,38	6,32	5,6
5,34±0,49	5,72±0,36	5,93±0,98	5,93±0,52	5,94	6,5
5,61±0,78	5,33±0,82	6,20±0,81	5,82±0,73	5,80	6,0
6,11±0,50	6,14±0,67	6,08±0,48	6,86±0,30	6,30	5,2
2,30±0,51	1,96±0,33	1,58±0,30	2,03±0,31	2,04	15,0
2,65±0,59	3,53±0,45	1,81±0,25	1,62±0,69	2,46	31,2
2,70±0,54	2,12±0,46	2,02±0,51	2,12±0,49	2,33	14,6
2,04±0,47	2,08±0,47	1,71±0,41	2,35±0,37	2,13	14,0
3,85±0,28	3,43±0,28	2,97±0,50	3,66±0,18	3,54	10,0
3,93±0,19	3,53±0,45	3,27±0,41	3,32±0,42	3,61	9,3
4,30±0,39	3,79±0,37	2,70±0,80	3,28±0,47	3,61	17,5
4,49±0,25	4,24±0,30	3,65±0,61	4,22±0,53	4,21	8,0
4,54±0,60	4,93±0,55	4,41±0,64	3,52±0,50	4,50	13,7
5,23±0,35	5,01±0,32	4,74±0,74	3,68±0,40	4,71	12,8
4,73±0,37	5,25±0,36	4,52±0,47	3,72±0,37	4,63	12,5
5,14±0,54	5,34±0,72	5,01±0,93	3,79±0,54	4,84	12,6
4,17±0,06	4,73±0,35	4,26±0,22	4,27±0,50	4,38	5,2
4,38±0,02	4,34±0,50	4,30±0,10	3,91±0,30	4,34	7,1
4,72±0,12	4,64±0,28	4,11±0,49	3,62±0,21	4,25	10,5
4,40±0,16	4,71±0,41	4,60±0,62	5,14±0,38	4,73	5,8

($\bar{c}_n - 1$).

приводится по средним данным 1988 г.

Методика выполнения работ

Работа выполнялась с применением методов потенциометрического анализа, которые позволяют проводить непосредственные измерения в почве (*in situ*). На описанных выше площадках было выбрано по пять наиболее типичных точек, в каждой из которых на глубине 5-7 см (в гор. А₁) устанавливалось по 2 электрода для измерения каждого параметра (общее число 10-12). Показания снимались на следующий день после установки электродов в 13-14 ч, когда относительная влажность воздуха несколько уменьшалась и не мешала работе прибора. Показания регистрировались полевым иономером И-102. В работе использовали промышленные электроды типа ЭП-02 (Eh), ЭСЛ-43-07 (pH), а также опытные партии пленочных ионоселективных электродов для измерения активности NO_3^- , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , приготовленных в Бухарском технологическом институте. Калибровка электродов проводилась до и после измерений.

Одновременно со снятием показаний измеряли температуру почвы, отбирали пробы на влажность.

Время проведения исследований было приурочено к различным фазам вегетации растений.

Результаты и их обсуждение

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП или Eh) и кислотность почв (pH) - важнейшие показатели почвообразовательного процесса, во многом определяющие его геохимическую направленность. Окислительно-восстановительный режим почв определяется теми реакциями окисления и восстановления, которые непрерывно происходят в почве и обусловлены физическими и химическими свойствами почвы, биологической активностью биогеоценоза, а также конкретными метеорологическими условиями, влияющими на водно-воздушное состояние почвы /3, 8, 9/.

Полученные нами данные (табл. 1) показывают, что для ОВ состояния изучаемых почв характерна значительная пространственная неоднородность, причем степень неоднородности имеет сезонную изменчивость. Высокими коэффициентами вариации (C_v) значений ОВП отличаются почвы тисняка и самшитника. Максимальная пространственная неоднородность в самшитнике отмечается весной ($C_v = 32-34\%$), в тисняке - летом ($C_v = 38-47\%$). Для почв дубняка пространственные вариации значений ОВП несколько меньше ($C_v = 8-14\%$), и только летом коэффициент вариации увеличивается до 25%. Значения Eh, наблюдаемые в этом БГЦ, в основном лежат в пределах 410÷770 мВ, а летом опускаются и до 300 мВ. Отметим, что почвы этого БГЦ отличаются лучшими условиями аэрации.

Значительная вариация величины Eh подтверждает тот факт, что ОВ-условия отдельных микроучастков могут существенно отли-

чаться: так, наряду с преобладанием окислительных процессов в отдельных участках и даже локусах могут протекать процессы восстановления. Условия восстановления могут проявляться в самшитнике и тисняке, причем в тисняке, где почвы плохо оструктурены, достаточно плотного сложения и выделяются высокой влажностью, восстановительные процессы могут играть существенную роль.

Наиболее стабильным окислительным режимом характеризуются почвы под дубняком, хотя и здесь имеются приметы переменного режима от восстановительных до окислительных условий по отношению к некоторым элементам. Об этом свидетельствует наличие мелких железомарганцевых конкредий.

Анализ сезонной изменчивости показывает, что динамика величин E_h в тисняке и самшитнике выражена достаточно хорошо. Коэффициент вариации, характеризующий временную изменчивость средних величин, составляет на этих площадках 20-23%. Однако общий характер сезонных изменений на этих площадках при одинаковом преобладающем типе растительности (вечнозеленом) имеет контрастные различия. Если в самшитнике хорошо выражена тенденция к увеличению ОВП от весны к лету, то в тисняке летом средние значения E_h значительно меньше как весенних (март, май), так и осенних (октябрь). Сопоставляя ОВ режимы и режим влажности почв данных БГЦ, в целом мы можем говорить о том, что наиболее увлажненные почвы (в нашем случае тисняке) характеризуются наиболее низкими значениями ОВП, что не противоречит известным общим закономерностям влияния влажности на ОВ состояние почв. При рассмотрении сезонной динамики ОВП мы приходим к выводам, противоречащим этому положению. Так, при сезонном уменьшении влажности почвы отмечается не повышение, как следовало бы ожидать, а падение значений E_h , а при увеличении влажности - увеличение ОВП. Такие "противоречия" отмечаются во всех БГЦ. Особенно бросается в глаза стабильность ОВ-режима в дубняке, где отмечаются наибольшие изменения влажности (от 55 до 25%) в сезонном цикле; или в тисняке, где при более стабильном режиме влажности наблюдаются значительные колебания ОВП. Эти явления подтверждают неоднозначность взаимосвязи между влажностью и ОВП почв, что уже отмечалось ранее. Было высказано предположение, что в качестве одной из причин, вызывающих изменения величины E_h , можно назвать микробиологические процессы, которые ведут к снижению ОВП [5]. Можно предположить, что противоречивое уменьшение E_h при уменьшении влажности связано с увеличением активности микрофлоры.

Поглотительно-выделительная деятельность растений также не может не сказываться на ОВ состоянии почв, и при анализе данных это нельзя не принять во внимание. Так, для самшитника и тисняка прослеживается некоторая взаимосвязь ОВП с изменением активности ионов Ca^{2+} , K^+ , NO_3^- (табл. 2), хотя характер этой взаимосвязи различен. Если в тисняке от весны к лету при увели-

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты корреляции между физико-химическими параметрами почв Тисо-самшитовой рощи в сезонном цикле

Физико-химические параметры	Номер * площадки	Физико-химические параметры					
		Eh	pH	pCa	pK	pNO ₃	pNH ₄
pH	1	0,83	-	-	-	-	-
	2	-0,14	-	-	-	-	-
	3	0,34	-	-	-	-	-
	4	0,93	-	-	-	-	-
pCa	1	-0,82	-0,96	-	-	-	-
	2	0,009	-0,15	-	-	-	-
	3	-0,59	-0,01	-	-	-	-
	4	0,78	0,61	-	-	-	-
pK	1	-0,66	0,25	0,97	-	-	-
	2	0,23	0,24	0,51	-	-	-
	3	-0,23	-0,56	0,83	-	-	-
	4	0,48	0,16	0,73	-	-	-
pNO ₃	1	-0,76	-0,41	-0,83	0,05	-	-
	2	-0,10	-0,06	0,71	0,83	-	-
	3	-0,29	-0,37	0,32	0,48	-	-
	4	-0,84	-0,96	-0,45	0,01	-	-
pNH ₄	1	-0,33	-0,20	0,02	-0,07	0,59	-
	2	-0,35	0,55	0,52	0,76	0,74	-
	3	-0,45	-0,59	0,38	0,62	-0,36	-
	4	0,80	0,91	0,60	-0,005	-0,84	-
W	1	-0,80	-0,44	0,36	0,13	0,95	0,31
	2	-0,57	0,46	0,25	0,60	0,87	0,96
	3	-0,62	0,05	0,79	0,64	0,76	0,56
	4	-0,48	-0,29	0,51	0,78	0,51	-0,21

*Обозначения площадок см. в табл. 1.

чении активности ионов K^+ и Ca^{2+} в почвенном растворе наблюдается уменьшение величины ОВП, то в самшитнике тенденция противоположна - увеличение активности этих ионов сопровождается увеличением Eh, то есть с уменьшением вегетативного роста растительности в тисянике и самшитнике наблюдаются противоположные тенденции в изменении ОВП.

Чтобы объяснить этот факт, надо либо предположить, что расти-

тельность этих БГЦ существенно отличается характером поглощения и выделения этих катионов, либо предположить, что на значения ОВП сказывается влияние пространственно-временной организованности биогеоценотической системы или ее подсистемы.

По щелочно-кислотному состоянию почвы тисняка и самшитника близки между собой и в целом их можно охарактеризовать как слабокислые, близкие к нейтральным. Несколько меньшими значениями pH выделяются почвы дубняка. Их можно отнести к слабокислым, хотя наблюдаемые крайние значения попадают как в область кислых (pH 4,3), так и в область нейтральных (pH 7,15).

Также как и для ОВП степень неоднородности кислотных свойств почв изменяется во времени, что особенно выражено в тисняке. Максимальная пространственная неоднородность отмечается в дубняке, причем посезонно в этом БГЦ она меняется незначительно.

Временная изменчивость кислотных свойств почв всех исследуемых БГЦ выражена довольно слабо. Коэффициент вариации, характеризующий изменчивость средних величин pH, составляет 5,2-6,5%, поэтому в сезонном цикле трудно выделить какие-либо закономерности. К тому же характер изменений, наблюдаемых нами в 1988 г., несколько отличается от динамики 1987 г., что, возможно, объясняется погодными аномалиями 1987 г. как более засушливого.

Сопоставляя кислотность почв с влажностью, в сезонном цикле между ними не прослеживается какой-либо существенной взаимосвязи (см. табл. 2), в то время как между кислотностью и изменчивостью ОВП, просматривается положительная связь для всех площадок, причем для тисняка и самшитника коэффициент корреляции довольно высокий: 0,93 и 0,83, соответственно. Наличие тесной положительной связи в сезонном цикле свидетельствует о том, что динамика величин Eh не связана с участием ионов водорода в окислительно-восстановительных процессах, хотя изменения величин Eh и pH в этих БГЦ могут быть обусловлены одними и теми же причинами.

Анализ взаимосвязи кислотности и ОВП с активностью ионов NO_3^- и NH_4^+ будет рассмотрен ниже.

Таким образом, исследуемые нами биогеоценозы значительно отличаются по окислительно-восстановительному и кислотному состоянию почв. Поэтому в сезонном цикле нельзя выделить общие для всех площадок закономерности в изменении ОВП и pH. Характер этих изменений для каждого БГЦ - индивидуален. Сопоставляя топографические, геологические и почвенные условия, также отмечая индивидуальный характер изменения ОВП и pH в каждом биогеоценозе, мы приходим к важному экологическому выводу, что эти параметры почвенного режима, определяются прежде всего их биотой (типом растительности и биологической активностью почв).

При анализе сезонной динамики активности Ca^{2+} следует обратить внимание на два обстоятельства: 1 - на очень высокий уровень активности этих ионов в почвенном растворе; 2 - на общий

для всех БГЦ характер изменения активности Ca^{2+} во времени (посезонно).

Химическая активность Ca^{2+} изучаемых почв в основном изменяется в пределах от 0,4 до 26,0 мг·экв/л. Однако летом, когда для всех площадок отмечается пик максимальной активности, пределы изменения значительно расширятся: в самшитнике до 39,0, в тисняке и дубняке до 60–70 мг·экв/л. Сопоставляя данные сезонной динамики с фазами вегетации растений этих биогеоценозов, выделенных Р.Н.Семагиной (1980), можно сделать следующие выводы: наименьшая активность Ca^{2+} , наблюдаемая весной (в марте-мае), соответствует периоду интенсивного роста побегов у летне-зеленых растений и эфемероидов, а также активного нарастания ассимилирующей поверхности у вечнозеленых растений; максимальная активность отмечается летом (июль), когда отсутствуют ростовые процессы, цветение, происходит отмирание прошлогодних листьев весенней генерации у вечнозеленых травянистых растений.

Таким образом, химическая активность Ca^{2+} в почвенном растворе – функция биологических процессов в БГЦ, хотя мы не можем сейчас сказать точно, является ли она функцией деятельности высших растений или функцией почвенно-биологической компоненты.

Активность калия в почвенном растворе исследуемых БГЦ на один-два порядка меньше активности кальция. Так, если в самшитнике и дубняке активность этих ионов различается в 5–40 раз, то в тисняке это различие увеличивается до 90–150 раз, а в отдельные периоды и до 300 раз. Так как в составе почвенного поглощающего комплекса соотношение между содержанием калия и кальция для всех площадок приблизительно одинаково – 25–35, то можно предположить, что низкая активность K^+ в водной фазе почв тисняка обусловлена влиянием биологического фактора. В то же время с трансформированными осадками на этой площадке поступает наибольшее количество калия /10/, который, вероятно, смывается с поверхности листьев. Это позволяет говорить о том, что потребление K^+ из почвенного раствора в этом фитоценозе больше, чем в других.

Диапазоны изменений активности калия составляют в тисняке – 0,01–3,09; в самшитнике 0,06–4,79; в дубняке 0,01–18,20 мг·ион/л. Отметим, что максимальные величины активности на всех площадках наблюдаются летом, что и обуславливает наибольшую пространственную неоднородность в этот период. Сравнивая исследуемые БГЦ по степени неоднородности, также как и для других изучаемых параметров (активность H^+ , Ca^{2+}), наибольшие вариации активности калия отмечаются в дубняке. Исключение составляет ранне-весенний период (март), когда максимальной степенью неоднородности отличаются почвы тисняка.

В сезонной динамике можно выделить два периода: весенний (март–май), характеризующийся общим довольно низким уровнем активности и летний (конец июня–июль) – период наибольшей актив-

ности. К осени в тисняке и самшитнике активность уменьшается, средний уровень ее приближается к весеннему. В дубняке, при общей тенденции к уменьшению, уровень активности достаточно высок, и по значениям его скорее можно отнести к летнему интервалу. Иными словами, в сезонной динамике активности K^+ прослеживается та же закономерность, что и для Ca^{2+} : увеличение уровня активности летом. Эта закономерность хорошо согласуется с фазами развития растений. Можно сделать предположение о том, что повышение ростовой активности растительности ведет к уменьшению активности ионов K^+ и Ca^{2+} в водной фазе почв. Вероятно, это связано с тем, что в период активного роста растения поглощают из почвенного раствора большое количество этих ионов. По мере же замедления ростовой активности происходит обратный отток этих ионов из растений в почву.

Если расположить исследуемые фитоценозы по возрастанию уровня активности ионов K^+ , то для периода нарастания активности (март-июнь) характерен ряд: тисняк-дубняк-самшитник. Осенью этот ряд несколько изменяется, когда максимумом активности ионов отличается почва дубняка.

Хочется обратить внимание и на такой факт: сезонные изменения минимальных значений активности калия повторяют общий характер динамики, хотя в целом меняются незначительно. И можно выделить для каждого БГЦ предельный минимальный уровень активности калия: для тисняка - $pK=4,8 \pm 0,3$; для дубняка - $4,4 \pm 0,44$; для самшитника - $3,96 \pm 0,24$. Можно предположить, что этот уровень обусловлен общим содержанием K^+ в почве, т.е. физико-химическим равновесием между водной фазой и почвенным поглощающим комплексом и минеральной частью почвы. Этот уровень можно назвать фоновым уровнем БГЦ по калию. Проследившая отдельно изменения максимальных значений, мы видим, что характер этих изменений скачкообразный. Это наводит на мысль о том, что максимальная активность обеспечивается биологическим фактором, подтверждается также анализом результатов по изучению содержания калия в почвенных растворах черноземов целинных и сельскохозяйственного использования в степной зоне /2/.

Соотнося пространственную неоднородность с временной изменчивостью активности K^+ , мы не можем однозначно сказать, что больше. В тисняке, например, пространственная неоднородность превышает временную изменчивость; в самшитнике они одинаковы; в дубняке, где временная изменчивость выражена больше, чем в других БГЦ в некоторые отдельные периоды она превышает пространственную неоднородность.

Анализируя взаимосвязь активности калия с другими изучаемыми почвенными параметрами (см. табл. 2), можно сделать вывод о том, что более всего активность калия в почвенном растворе связана с активностью Ca^{2+} , что находит объяснение согласованности изменений активности этих ионов с фазами вегетации растений.

Активность ионов нитрата и аммония в водной фазе почв значительно меньше, чем активность ионов Ca^{2+} и K^+ .

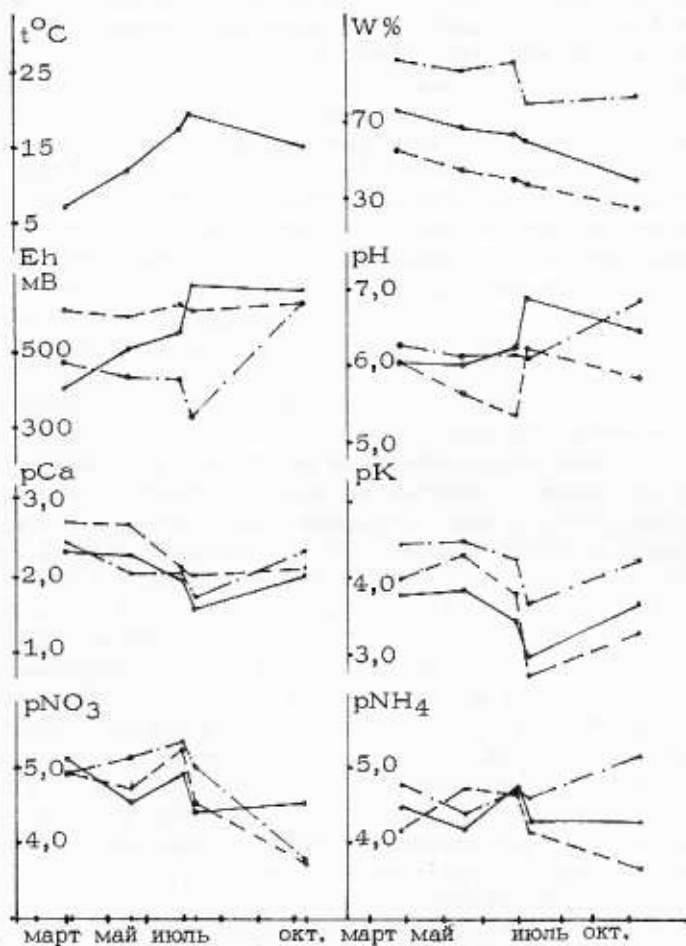


Рис. Сезонная изменчивость физико-химических свойств почв (1988 г.). Условные обозначения: ———— - самшитник широколиственный; - - - - грабо-дубняк эпимедиевый; - · - · - тисняк лавровишневый

Интервал изменения величин активности NO_3^- для самшитника и тисняка составляет 0,001-0,83 ; для дубняка он несколько шире 0,002-1,20 мг-ион/л; для ионов NH_4^+ диапазон изменения величин активности в тисняке 0,002-0,12; в самшитнике 0,014-

0,18; в дубняке 0,01-0,52 мг·ион/л. Максимальные значения активностей этих ионов наблюдаются осенью.

В характере сезонных изменений активности NO_3^- и NH_4^+ общие тенденции прослеживаются только для самшитника, для других БЦ они различны (рис. 1): средние уровни активности NO_3^- возрастают в ряду тисняк-дубняк-самшитник; для NH_4^+ в ряду: тисняк-самшитник-дубняк, хотя в отдельные периоды различия в значениях активности между БЦ незначительны.

Анализ сезонной взаимосвязи показателей pNO_3 и pNH_4 с другими физико-химическими параметрами показывает (см. табл. 2), что:

- в самшитнике и дубняке между изменениями влажности почв и pNO_3 существует тесная положительная взаимосвязь, для ионов NH_4^+ такая связь не обнаруживается;

- в тисняке и самшитнике между сезонными изменениями Eh и pNO_3 прослеживается довольно высокая отрицательная взаимосвязь, что, возможно, связано с участием этих ионов в окислительно-восстановительных процессах. (Отметим, что для этих же площадей существует довольно тесная положительная взаимосвязь между Eh-pH);

- среди исследуемых БЦ по характеру взаимосвязи pNO_3 и pNH_4 с ОБП и pH выделяется тисняк, для которого обнаруживается высокая отрицательная взаимосвязь pNO_3^- с Eh, pH, и высокая положительная связь между $\text{pNH}_4 - \text{Eh}$ и pH;

- в самшитнике имеет место отрицательная связь между pCa и pNO_3 , что, вероятно, объясняется участием этих ионов в обменных процессах.

Выводы

1. Почвы исследуемых БЦ (смешанно-широколиственный самшитник, грабо-дубняк эпимедиевый, тисняк лавровишневый), сформированные на плотных известковых породах, существенно отличаются по сложенности, структуре, строению почвенного профиля, окислительно-восстановительному и водному режиму, уровню химической активности ионов (H^+ , Ca^{2+} , K^+ , NO_3^- , NH_4^+) в водной фазе.

2. Изучение временной изменчивости физико-химических свойств почв в сезонном цикле показало, что:

- динамика химической активности ионов K^+ и Ca^{2+} хорошо согласуется с фазами вегетации растений изучаемых биогеоценозов: в фазы активной вегетации наблюдается значительное уменьшение активности ионов K^+ и Ca^{2+} в почвенном растворе. Для ионов H^+ , NO_3^- , NH_4^+ такой связи не обнаруживается;

- степень пространственной неоднородности физико-химического состояния почв в БЦ имеет сезонную изменчивость;

- исследованные физико-химические параметры обладают различной степенью временной изменчивости;

- наибольшими величинами коэффициентов корреляций между сезонными изменениями физико-химических параметров почв ($pH-Eh$, $Eh-W$, $pH-pCa$, $Eh-pCa$, $pK-pCa$, pNO_3-pCa , $W-pNO_3$) отличаются почвы самшитника.

3. Химическая активность ионов в водной фазе почв во всех исследуемых биогеоценозах возрастает в ряду $H^+ \rightarrow NO_3^- \rightarrow NH_4^+ \rightarrow K^+ \rightarrow Ca^{2+}$.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность сотрудникам Кавказского заповедника д-ру биол. наук М.В.Придне, канд. биол. наук Л.Г.Горчаруку, канд. г.-м.н. Е.Д.Брагину, Л.А.Плоткину, С.Ю.Береговой за помощь в организации и проведении исследований, а также сотрудникам Института почвоведения и фотосинтеза АН СССР Е.Р.Грузлевой, Е.В.Данилиной, Т.Г.Оспенниковой за помощь в проведении полевых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Береговая С.Ю., Плотник Л.А., Шепилов В.В. Районирование карста Ахунского массива//Картографирование и районирование карста в связи с освоением территорий. 4-е Всесоюз. карстово-спелеологическое совещание. Тез. докл.-Владивосток: ДВНД АН СССР. 1986. - С. 75.
2. Волкова В.В. Динамика содержания почвенных форм калия в черноземах обыкновенных Донецкого Приазовья//Почвенно-биогеоценологические исследования в Приазовье.-М., 1978. - Вып. 3. - С. 40-61.
3. Кесов Е.Н., Снакин В.В., Андреева А.Е., Тюрюканов А.Н. Пространственная неоднородность и временная изменчивость химических свойств почв в экологическом отношении и ее значение для природоохранной практики.-Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1983. - 30 с.
4. Куркин К.А. Параметры биогеоценозов и системный подход к их определению//Бюл.МОИП, отд. биол. - 1980. Т. 85. - Вып. 2. - С. 40-56.
5. Рабинович В.А. О зависимости окислительного потенциала почвы от жизнедеятельности почвенной микрофлоры//Докл. АН СССР. - 1955. - Т. 103. - С. 305.
6. Семагина Р.Н. Ритм сезонного развития растений субтропических лесов Сочинского побережья Кавказа//Бюл. МОИП, отд. биол. - 1980. - Т. 85. - Вып. 2. - С. 88-98.
7. Семагина Р.Н. Растительность колхидских субтропических лесов Сочинского побережья Кавказа//В настоящем сборнике. - С. 33-45.
8. Снакин В.В. Режимы почвенных процессов в черноземах по данным *in situ*-измерений//Русский чернозем. 100 лет после В.В.Докучаева.-М.: Наука. - 1983. - С. 79-89.
9. Снакин В.В., Дубинин А.Г. Окислительно-восстановительный

режим почвы и функционирование биогеоценозов.-Пушино: ОНТИ
НЦБИ АН СССР, 1981. - 21 с.

10. Снакин В.В., Андреева А.Е., Присяжная А.А. Трансформация состава атмосферных осадков пологом Колхидского леса//В настоящем сборнике. - С. 70-82.

11. Сукачев В.Н. Основные понятия о биогеоценозах и общее направление их изучения//Программа и методика биогеоценологических исследований.-М.: Наука. - 1974.